

Ruang Lingkup Rekayasa Sipil 2020 di Indonesia ¹

oleh

Mohammad Sahari Besari ²

ABSTRACT

At the end of the Second Long-Term Development Plan (2020), the percentage of urban population in Indonesia will be greater than rural population. This phenomenon will put tremendous pressure on the provision of physical infrastructure to the population. Physical infrastructure is strongly related to Civil Engineering. Entering the 21st century and beyond, the development of civil engineering will be greatly influence by Material Science and Computer Science.

The increase of infrastrucure development in the next 25 years will also increase the need for Civil Engineering Human Resources. The quality and quantity of Civil Engineers in Indonesia are still relatively low. To anticipate the need of infrastructure development in The Second Long-Term Development Plan, the quality and the output of Civil Engineering graduates need to be increased.

1. Latar Belakang

Penduduk Indonesia berjumlah 188 juta orang pada tahun 1991. Penduduk ini terbagi tidak merata di seluruh kawasan negara. Pulau Jawa dengan luas 7% dari seluruh wilayah dihuni 60% dari seluruh penduduknya. Pembagian yang tidak merata tersebut, mempersulit pemberian pertumbuhan ekonomi yang merata. Pertumbuhan ekonomi di kawasan Indonesia bagian timur berjalan lebih lamban dibanding dengan bagian barat.

Ciri yang lain dari Kependudukan Indonesia adalah fenomena Urbanisasi. Data dari United Nations [12] menunjukkan bahwa 30% dari penduduk Indonesia pada saat ini tinggal di perkotaan. Dengan pertumbuhan penduduk sebesar 1,8% per tahun dan pertumbuhan urbanisasi 5,1% per tahun maka penduduk perkotaan Indonesia menjadi 50% pada tahun 2015 dan hampir 60% di tahun 2025. Jadi pada tahun tersebut akan lebih banyak orang

Indonesia tinggal di perkotaan dari pada di perdesaan. Kondisi penduduk yang demikian akan memberikan tekanan yang berat pada penyediaan infrastruktur fisik kepada penduduk.

Struktur umur penduduk Indonesia saat ini menunjukkan 50% lebih berumur di bawah 25 tahun. Pada tahun 1989 pertumbuhan tenaga pekerja adalah 3,5% per tahun. Dengan pertumbuhan produktivitas 6,8% per tahun dari sektor non minyak, maka ini berarti pertumbuhan produktivitas kurang lebih 2%. Dengan tingkat pertumbuhan produktivitas sebesar itu, maka untuk dapat memberikan cukup kesempatan kerja kepada angkatan kerja diperlukan pertumbuhan konomi sektor non minyak sebesar 6-7% per tahun di masa-masa yang akan datang.

Berdasarkan pertumbuhan rata-rata 1,2% per tahun maka jumlah penduduk Indonesia

¹ Makalah disampaikan dalam Musyawarah Nasional V, Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia yang diselenggarakan di ITB, Bandung, 29 November - 2 Desember 1993.

² Guru Besar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung. Saat ini menjabat sebagai Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung.

menjadi 243 juta orang pada tahun 2015. Struktur umur penduduk pun berubah. Penduduk dengan umur di bawah 24 tahun akan menurun dari 56% menjadi 40% dan yang berumur lebih 60 tahun akan meningkat dari 10% menjadi 17%. Ini berarti bahwa jumlah angkatan kerja akan menjadi besar secara relatif.

Untuk dapat menampung perkembangan tersebut, maka ekonomi perlu berkembang lebih cepat daripada perkembangan penduduk. Investasi di segala bidang perlu ditingkatkan. Infrastruktur ekonomi perlu dikembangkan pula. Dari seluruh infrastruktur tersebut, infrastruktur fisik merupakan bagian yang paling banyak menyangkut Rekayasa Sipil. Dalam 25 tahun yang akan datang ini tampaknya investasi di dalam ekonomi Indonesia masih akan datang dari luar negeri, terutama dalam infrastruktur fisik, yang antara lain dari bidang energi, transportasi, irigasi dan utilitas. Pemasukan modal dari luar negeri seperti yang telah terlaksana selama 25 tahun sepanjang PJPT I, tidak akan banyak merubah cara implementasi infrastruktur fisik tersebut. Perencanaan dan perancangan, yang disusun dengan pelaksanaan agaknya masih akan didominasi oleh jasa dan tenaga asing.

2. Faktor-faktor yang mempengaruhi Rekayasa Sipil

Pengaruh sains pada awal perkembangan Rekayasa Sipil telah lama diidentifikasi. Telah banyak ditulis dalam media cetak tentang hal ini. Pengaruh tersebut tidak hanya mempengaruhi perkembangan itu sendiri tetapi juga mengisi muatan subyeknya, sehingga "Body of Knowledge" Rekayasa Sipil dapat terus berkembang pula dalam volume. Penyuburan silang dari sains dalam Rekayasa Sipil membawa serta "Tradisi Ilmiah" (Scientific Tradition) [1] ke dalam Rekayasa Sipil di mana kesimpulan diambil berdasarkan hasil analisis dan sintesis dengan menerapkan "Rationale" dan "Mathematical Logic". Introduksi tradisi ilmiah ke dalam Rekayasa Sipil telah mentransformasi suatu pengetahuan berdasar pengalaman menjadi suatu Ilmu

Rekayasa (Engineering Science). Sejak itu perkembangannya terjadi berdasarkan mekanisme pengembangan yang sama dengan ilmu atau sains lainnya. Dalam proses rasionalisasi Ilmu Rekayasa Sipil pada awalnya lebih dipengaruhi oleh matematika dan ilmu alam secara umum, dengan mekanika merupakan sebagai bagian dari padanya. Kemudian cabang-cabang ilmu lainnya juga mempengaruhi perkembangan Ilmu Rekayasa Sipil sampai mencapai taraf yang dikenal pada saat ini.

Perkembangan Ilmu Rekayasa Sipil dalam menyongsong Abad 21 telah banyak menjadi perhatian berbagai pihak [1, 2, 3]. Berbagai cabang ilmu diperkirakan akan tetap mempengaruhi perkembangan Ilmu Rekayasa Sipil sampai jauh ke dalam Abad 21 nanti. Dari berbagai literatur dapat dikenali perkembangan Rekayasa Sipil yang akan terjadi dalam jangka pendek, 5 - 25 tahun yang akan datang ini, sampai tahun 2020. Dalam waktu dekat ini perkembangan Rekayasa Sipil akan tetap dipengaruhi oleh perkembangan yang terjadi dalam banyak bidang lain sebagaimana telah terjadi pada waktu-waktu yang lalu. Namun ada dua bidang, yaitu Ilmu Bahan-bahan dan Komputer, yang akan mempengaruhi perkembangan Rekayasa Sipil secara menentukan di masa-masa yang akan datang. Oleh karena itu di bawah ini akan ditinjau secara khusus perkembangan yang terjadi akhir-akhir ini dalam kedua bidang tersebut.

2.1 Perkembangan Ilmu Bahan

Penggunaan bahan konvensional seperti baja dan beton di Indonesia maupun di luar negeri masih akan berlanjut dalam 25 tahun yang akan datang ini. Bahan pengganti kedua bahan tersebut masih belum ditemukan. Pada dekade akhir ini, masuk pula dalam jajaran bahan konvensional Rekayasa Sipil, bahan-bahan yang berasal dari keluarga plastik. Beberapa perkembangan bahan yang diperkirakan akan mempunyai dampak yang kuat pada perkembangan Rekayasa Sipil dalam waktu dekat dapat dibahas di bawah ini.

2.1.1 Beton Kekuatan Sangat Tinggi (Very High Performance Concrete)

Perkembangan yang sangat mengagumkan dalam teknologi beton telah terjadi di berbagai tempat dalam 10 tahun terakhir ini. Penggunaan berbagai bahan tambahan kimia (Chemical Additives) seperti "Water Reducers" dan "High Range Water Reducers" atau yang dikenal dengan "Plasticizers" ataupun "Super Plasticizers" telah dapat mereduksi nilai rasio air/semen dalam adukan beton sampai 0,25 - 0,35, tanpa mengurangi slump adukan. Penggunaan rasio air/semen yang rendah mengakibatkan meningkatnya kekuatan beton secara signifikan. Kecuali itu, konsistensi adukan juga lebih encer serta dapat dihindari terjadinya segregasi.

Kecuali bahan tambahan kimia tersebut juga telah digunakan berbagai bahan tambahan alami (Natural Additives). Bahan-bahan yang akhir-akhir ini banyak digunakan adalah : Condensed Silica Fume atau Micro Silica, Abu Terbang atau Fly Ash dan Terak Halus atau Ground Slags. Penggunaan berbagai bahan tambahan tersebut, dibarengi dengan teknik perawatan baru telah dapat menghasilkan beton dengan kekuatan yang mencapai 1.000 kg/cm² [4]. Percobaan laboratorium di Amerika Serikat telah menghasilkan beton dengan kekuatan tekan 7.000 kg/cm², yaitu lipat dua kekuatan baja struktur dan sebanding dengan kekuatan kermik struktur [5].

Penambahan berbagai serat alami maupun sintetik telah dapat meningkatkan daya tarik beton, sehingga beton juga lebih tahan terhadap retak (fracture) dan merupakan bahan yang lebih tahan terhadap lentur (flexible). Pada umumnya pada saat ini telah dapat dihasilkan beton dengan kekuatan tinggi, yang lebih padat dengan rangkai yang lebih kecil dan dapat lebih lentur (flexible). Penggunaan bahan beton tersebut akan mereduksi dimensi struktur yang saat ini telah biasa dibuat, yang berarti dapat terjadinya penghematan pada jumlah bahan yang

dipergunakan. Namun tentunya struktur menjadi kurang kaku.

2.1.2 Komputer

Sejak tahun 60-an sudah sama diketahui dampak dipergunakannya komputer terhadap hampir semua aspek kehidupan manusia. Meskipun komputer pada hakekatnya adalah mesin yang hanya dapat melakukan beberapa hal yang sangat sederhana, namun kemampuannya untuk melaksanakannya dengan kecepatan yang sangat tinggi memungkinkan dilakukannya pekerjaan-pekerjaan yang panjang dan kompleks berulang-ulang dalam waktu yang singkat. Hal ini menjadikan komputer cakap untuk melakukan simulasi dari berbagai kejadian (event) alami maupun rekayasa dalam waktu yang singkat lagi murah. Munculnya komputer telah mendukung berkembangnya berbagai teknik perhitungan numerik. Penyelesaian persamaan diferensial dapat didekati (aproksimasi) dengan metoda beda hingga, sedang cara elemen hingga pada awalnya berkembang dalam analisis struktur yang kemudian merambah pula bidang-bidang fisika lainnya. Di samping itu suatu bidang yang mengalami perkembangan secara revolusioner adalah komunikasi dan kontrol. Dipergunakannya komputer yang dikombinasi dengan satelit, telah menjadikan komunikasi mudah dan cepat. Hal ini telah menjadikan dunia ini dirasa semakin kecil dan pada gilirannya telah mendorong terjadinya fenomena globalisasi [3]. Perkembangan yang telah terjadi dalam bidang kontrol, yang diperkirakan akan mempengaruhi Rekayasa Sipil di kemudian hari, adalah terciptanya berbagai macam Automata yang pada saat ini banyak diterapkan pada robotik dalam industri. Sampai pada tahun 70-an mesin komputer masih merupakan barang langka dan tidak mudah diakses oleh rakyat banyak. Perangkat keras komputer masih berbentuk suatu mesin besar (main frame) yang tersimpan dalam suatu ruangan tertutup. Meskipun banyak pihak yang mempergunakan alat tersebut namun masih tetap hanya terbuka kepada khalayak terbatas.

Kemudian pada tahun 70-an, sejak Steven Jobs memperkenalkan Komputer Pribadi maka komputer menjadi sebagian dari hidup orang banyak atau masyarakat luas sehingga lebih merakyat.

Sejak awal, alat elektronik komputer pada umumnya melaksanakan pekerjaannya hanya secara berurutan (sequential) mengikuti suatu skema yang telah diprogramkan orang. Pada satu saat, komputer hanya mengerjakan satu macam operasi saja. Teknologi sequential tersebut dirasa menjadi makin canggih dengan meningkatnya kecepatan operasi mesin. Pada dekade tersebut Cray-Research berhasil membuat komputer menggunakan teknologi Vektor dengan kecepatan yang sangat tinggi. Hal ini dicapai antara lain dengan melaksanakan masukan dalam jumlah besar melalui beberapa processor khusus secara bersamaan [6]. Sekarang, dengan menurunnya harga processor, maka operasi komputer yang dahulu dilaksanakan dengan teknologi single processor dapat digantikan dengan teknologi multi processor. Pada saat ini Intel Corp. telah dapat membuat suatu chip processor disebut Pentium P5 yang berisi 3.100.000 transistor, dengan kecepatan 100 mips (Million Instructions Per Second) [7]. Hal ini tercapai karena dalam chips tersebut dapat dieksekusi dua atau tiga instruksi sekaligus.

Teknologi ini diperkirakan akan menghasilkan processor dengan kecepatan 1000 Mips pada tahun 1995 [8]. Teknologi tersebut pada saat ini terdapat dalam beberapa mainframe seperti Paragon Supercomputer dari Intel [9] atau Connection Machine Mod-CM5 dan Thinking Machines Corp. [10]. Teknologi tersebut dapat melaksanakan banyak intruksi bersamaan dengan merangkai ratusan, malah ribuan microprocessor di dalam suatu chips yang dibuat melaksanakan eksekusi sejumlah besar perintah secara paralel. Teknologi tersebut dikenal sebagai teknologi MPP (Massively Parallel Processing). Teknologi MPP ini, pada akhir tahun 1993 atau dalam tahun 1994, sudah ada dalam Komputer Pribadi (PC). Beberapa Komputer Pribadi

yang dirangkai dalam suatu network diharapkan akan dapat berfungsi sebagai Mainframe Supercomputer. Ini berarti bahwa ukuran (size) daripada masalah yang dapat diselesaikan PC menjadi semakin besar, karena banyaknya processor yang dipergunakan, serta eksekusi banyak intruksi secara paralel, atau bersamaan sekaligus, dalam waktu yang semakin cepat.

Perkembangan revolusioner di dalam bidang komputer yang sedang terjadi pada saat ini adalah dipergunakannya teknologi "Optoelectronics" di dalam perangkat keras. Teknologi optoelectronics menggunakan berkas laser yang dikombinasi dengan fiber optics untuk komunikasi. Teknologi tersebut akan menghasilkan komputer yang beroperasi dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya [11].

Kecuali kedua bidang di atas, tentunya bidang-bidang yang lain juga akan mempengaruhi perkembangan Rekayasa Sipil, namun perkembangan Ilmu Bahan dan Komputer diperkirakan akan memberi dampak yang terkuat.

3. Rekayasa Sipil 1995 - 2020 di Indonesia

Pengalaman 5 tahun terakhir ini, sejak Pemerintah mengintroduksi deregulasi, kinerja ekonomi Indonesia melebihi yang diharapkan. Dalam kurun waktu 1988 - 1990 pertumbuhan GDP dari sektor non minyak adalah sebesar 8% per tahun sedangkan dari sektor manufacturing tumbuh sebesar 12% pertahun [12]. Hal ini menimbulkan dorongan untuk memproyeksikan pertumbuhan ekonomi sebesar 6% - 7% per tahun dalam PJPT II yang akan datang. Untuk menjamin terjadinya pertumbuhan tersebut, sektor manufacturing harus dapat tumbuh 10% - 11% per tahun, yaitu kira-kira dua kali lipat pertumbuhan ekonomi secara menyeluruh. Dengan pertumbuhan sebesar 7% per tahun, maka dalam 25 tahun yang akan datang GDP Indonesia diharuskan berlipat 5 kali, menjadi US\$ 2800. Untuk mendukung perkembangan

ekonomi tersebut perlu dikembangkan infrastruktur ekonomi Indonesia. Untuk tetap berfokus pada aspek ekonomi yang terkait pada Rekayasa Sipil maka infrastruktur atau prasarana yang dimaksud disini mencakup 4 sektor yaitu : irigasi, energi listrik, transportasi dan pengadaan air bersih dan sanitasi permukiman. Di bawah ini akan ditinjau secara singkat satu persatu aspek-aspek tersebut :

3.1 Irigasi

Irigasi di Indonesia pada umumnya adalah untuk keperluan penanaman padi. Meskipun saat ini di Indonesia telah dapat memenuhi sendiri akan kebutuhan padi, namun untuk menampung kebutuhan yang lebih sebagai akibat pertumbuhan penduduk perlu dikembangkan di daerah-daerah irigasi baru. Kecuali itu, di daerah-daerah padat penduduk seperti di Pulau Jawa, di mana penduduk dan industri berkembang dengan pesat, telah menyita sebagian dari daerah persawahan dengan irigasi teknis yang biasanya menghasilkan padi. Pengurangan areal irigasi tersebut harus digantikan dengan membuka daerah baru di luar Pulau Jawa. Untuk ini, kecuali Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi, akhir-akhir ini juga santer disebut lembah Memberamo di Irian Jaya.

Selain itu penggunaan air dalam daerah industri yang semula merupakan daerah irigasi, tidak lagi digunakan untuk keperluan tanaman padi tetapi untuk keperluan industri. Di samping itu, pertumbuhan penduduk juga memerlukan air untuk berbagai kebutuhan kehidupannya. Maka dengan demikian akan terjadi kompetisi akan kebutuhan air dari sumber air alami yang bersifat konstan, yaitu air hujan, antara manusia untuk kebutuhan langsungnya, industri, flora dan fauna. Hal ini menuntut dilaksanakannya manajemen air (water management) yang meliputi tata air hujan, air tanah, air permukaan, sungai sampai daerah pantai.

Untuk meningkatkan efisiensi manajemen tersebut dan minimasi intervensi manusia

maka diperlukan sistem automata dengan bantuan komputer. Untuk mendukung kedua hal tersebut di atas, yaitu perluasan dan pembukaan areal irigasi baru, perlu pula dilaksanakan inventory dan pengumpulan data secara intensif dan ekstensif dari sungai-sungai yang belum diamati. Hal ini tentunya pada awalnya dapat dilaksanakan pada sungai-sungai yang prospektif.

3.2 Listrik

Konsumsi energi di Indonesia masih jauh di bawah standard negara industri. Data konsumsi energi perkapita tahun 1990 di Indonesia [12] menunjukkan nilai 272 kg ekuivalen minyak, yang berarti kira-kira hanya sepertiga dari Malaysia dan 5,4%-nya dari Australia. Pada sepuluh tahun yang terakhir ini, pertumbuhan rata-rata generating capacity tercatat mencapai 17%. Untuk mendukung perkembangan ekonomi yang diharapkan, maka ekspansi instalasi produksi energi dan sistem distribusinya harus dilaksanakan. Proyeksi kapasitas terpasang di waktu-waktu yang akan datang diperkirakan 9% - 10%. Nilai ini relatif agak rendah, karena dalam masa tersebut diharapkan juga akan terjadi peningkatan efisiensi.

Pembangunan baru dan peluasan instalasi-instalasi lama *generating plants* dengan tenaga air, bahan bakar minyak maupun batu bara perlu dilakukan. Ada kemungkinan pada akhir PJPT II ini Pembangunan Pusat Listrik Tenaga Nuklir mulai dipertimbangkan. Pembangunan *generating plants* dengan sendirinya akan menuntut pula pengembangan sistem jaringan distribusinya. Di waktu-waktu yang akan datang partisipasi sektor swasta akan meningkat.

3.3 Transportasi

Sektor perhubungan yang mencakup transportasi darat yaitu melalui jalan raya dan jalan rel, penerbangan dan pelayaran telah menggunakan 40% dari pengeluaran pembangunan infrastruktur antara 1974 - 1989. Untuk menunjang pertumbuhan

ekonomi yang diproyeksikan dalam PJPT II yang akan datang, pengeluaran pembangunan prasarana diperkirakan masih tetap akan merupakan bagian yang signifikan dari investasi total.

3.3.1 Transportasi Darat

Pada tahun 1970, lalu lintas jalan raya tumbuh sebanyak 20% pertahun. Nilai ini kemudian sedikit menurun di tahun 1980-an. Antara 1980 - 1986 lalu lintas pada jalan negara dan kabupaten meningkat 7% per tahun, dibandingkan dengan peningkatan GDP dari kira-kira 4,2% dalam kurun waktu yang sama. Ini berarti bahwa peningkatan 1% GDP berkorespondensi dengan peningkatan lalu lintas sebesar 1,7%. Dengan anggapan relasi linear, maka peningkatan GDP sebesar 6% - 8% akan dapat menumbuhkan lalu lintas sebesar 9% - 11%, yang berarti kegiatan pembangunan dalam bidang sistem jalan raya dengan segala perangkatnya masih akan berlanjut dengan intensitas yang meningkat paling tidak sama seperti saat ini.

3.3.2 Transportasi Laut

Dalam periode yang sama tampak pula pertumbuhan lalu lintas laut. Angkutan barang pada tahun 1981 adalah sebesar 122 juta ton meningkat menjadi 208 juta ton pada tahun 1987 yang berarti pertumbuhan sebesar 9,3% pertahun. Angkutan barang antar pulau pada kurun waktu yang sama meningkat dari 48,9 juta dan menjadi 92,5 juta ton atau suatu pertumbuhan sebesar 11,2%. Pertumbuhan GDP pada periode tersebut adalah 4,5% pertahun. Proyeksi pertumbuhan ekonomi sebesar 6% - 7% pertahun akan menuntut peningkatan pembangunan prasarana angkutan laut.

3.3.3. Transportasi Udara

Pada periode 1983 -1986 transportasi penumpang lewat udara tumbuh 4% pertahun dan barang 7,2%, sedang pada periode yang sama GDP tumbuh 3%. Maka kegiatan pembangunan sarana penerbangan, seperti

Bandar Udara dengan seluruh fasilitasnya diperkirakan masih harus ditingkatkan.

3.3.4 Angkutan Jalan Rel

Pertumbuhan angkutan jalan rel rata-rata 5,3% pertahun dalam periode 1978 - 1987, sedang pada periode yang sama GDP sebesar 4,6% pertahun. Dengan demikian pembangunan baru jalan rel dan perluasan stasion dan emplasemen harus dilaksanakan.

3.4 Penyediaan Air Bersih

Pada saat ini diperkirakan 65% penduduk kota, sebanyak kira-kira 34 juta orang dan 31% penduduk pedesaan, sebanyak kira-kira 40 juta orang, dapat menikmati air bersih. Dalam Repelita V direncanakan untuk meningkatkan penyediaan air bersih bagi 13 juta orang penduduk kota dan 41 juta orang penduduk pedesaan. Dalam rencana tersebut di samping air dengan sistem pipa akan didayagunakan pula sumber air alami (tanpa sistem pipa). Dalam periode 1979 - 1988 pertumbuhan konsumsi air bersih melalui pipa mencapai 8% per tahun, sedang antara 1980 - 1985 pertumbuhan produksi air bersih mencapai 10% per annum. Untuk jangka panjang kedepan pertumbuhan kebutuhan air diproyeksikan 8% per tahun. Hal ini juga akan menuntut pembangunan baru serta perluasan fasilitas pengolahan air bersih serta sistem distribusinya.

3.5 Kesimpulan

Angka-angka pertumbuhan berbagai sektor infrastruktur dan pertumbuhan GDP pada awal tahun 1980-an sebagai diilustrasikan di atas, menunjukkan hubungan antar kedua variabel tersebut. Pada masa tersebut GDP Indonesia mengalami pertumbuhan rata-rata antara 4% - 4,45%. Pertumbuhan GDP dalam PJPT II yang di proyeksikan untuk tetap mencapai 6% - 7% per tahun, yaitu di atas pertumbuhan GDP awal tahun 1980-an. Dalam kurun waktu 25 tahun yang akan datang GDP non minyak akan tumbuh lebih dari lima kalinya. Selama periode tersebut

volume investasi dalam infrastruktur baru harus meningkat antara 6 sampai 7 kalinya. Menurut analisis yang dilakukan oleh Institution of Civil Engineers [12] proyeksi jumlah investasi dalam kurun waktu infrastruktur akan mencapai Rp. 290.000 miliar pada tahun 2015. Tabel 3.1 menunjukkan pertumbuhan investasi per tahun dan Tabel 3.2 menampilkan investasi total dalam kurun waktu lima tahunan.

Tabel 3.1
Investasi per tahun dalam infrastruktur dalam milyar rupiah dengan nilai tahun 1985 konstan

Tahun	Investasi
1995	5 768
2000	8 486
2005	12 683
2010	19 173
2015	29 223

Tabel 3.2
Jumlah investasi dalam infrastruktur dalam kurun waktu 5 tahunan dalam milyar rupiah dengan nilai tahun 1985 konstan

Tahun	Investasi
1995 - 2000	35 635
2000 - 2005	52 923
2005 - 2010	79 640
2010 - 2015	120 490
Jumlah	289 188

Dengan makin meningkatnya kegiatan pembangunan infrastruktur dalam 25 tahun yang akan datang ini, maka akan meningkat pula kebutuhan sumber daya manusia Rekayasa Sipil

4. Profesi Sarjana Rekayasa Sipil

Sarjana Rekayasa Sipil pada saat ini diperkirakan berjumlah 14.000 orang [12]. Dari jumlah tersebut 30% bekerja pada jawatan pemerintah, termasuk instansi utilitas milik negara, 40% bekerja sebagai konsultan

dan sisanya 30% bekerja dalam bidang kontraktng, termasuk sebagian kecil yang masuk dalam banking, perdagangan pariwisata dan lain-lain.

Pada saat ini ada persepsi, terutama dari kaum profesional asing (dan Bappenas?), bahwa sarjana Rekayasa Sipil lulusan pendidikan Indonesia masih kurang kualifikasinya (mutu). Banyak proyek besar seperti bendungan-bendungan besar, sistem irigasi yang luas, Jalan Raya Tol, Lapangan-Lapangan Terbang, Gedung-Gedung Bertingkat, di Indonesia berhasil diselesaikan dengan mutu yang memenuhi atau melampaui standard, namun dalam pekerjaan tersebut masih teridentifikasi adanya campur tangan Rekayasawan Asing (pembawa standard yang tinggi) dalam penyelesaian proyek tersebut. Kondisi politik global pemerintah Indonesia, sehubungan dengan didapatnya dana pembangunan dari institusi keuangan Luar Negeri ataupun hasil persetujuan bilateral antar pemerintah, telah menjelmakan proyek-proyek besar menjadi tempat aktivitas para profesional Rekayasa Sipil Asing, sebagai konsultan maupun kontraktor.

Pada jenjang perencanaan, pengalaman mengajar bahwa pada banyak proyek, Sarjana Rekayasa Sipil lulusan Indonesia ternyata belum mampu menyelesaikannya secara mandiri, terutama bila menyangkut Rekayasa "State of the Art". Hal ini jelas bukan karena inkompetensinya Sarjana Rekayasa Sipil Indonesia, tetapi lebih karena kurangnya waktu untuk memupuk pengalaman ataupun tidak adanya kesempatan untuk mendapatkan pendidikan atau pelatihan khusus. Sering terjadi bahwa Sarjana Rekayasa Sipil muda yang cakap dan berkemampuan tinggi, segera ditempatkan pada posisi manajemen yang tinggi, dengan imbalan yang tinggi pula, tanpa terlebih dahulu memperoleh pengalaman yang penuh tantangan yang terjadi pada posisi-posisi yang lebih rendah. Sarjana Rekayasa Sipil perlu pelatihan dan pengalaman dalam teknik organisasi dan manajemen sebagai bagian dari pendidikan formalnya. Untuk pekerjaan yang bersifat managerial atau

koordinatif, secara organisasi maupaun Rekayasa, Sarjana Rekayasa Sipil perlu waktu yang cukup untuk memupuk pengalaman dalam banyak aspek dasar Rekayasa sipil, termasuk survai, investigasi, perancangan detail, pelaksanaan konstruksi, operasi dan pemeliharaan, keuangan dan perencanaan (planning) di lapangan dan di kantor. Kurangnya keterampilan dalam berbagai bidang tersebut, memberikan persepsi kurangnya kualifikasi Sarjana Rekayasa Sipil lulusan pendidikan Indonesia. Tentunya taraf kualifikasi rekayasawan di lapangan bervariasi memenuhi spektrum dari rendah sampai penuh, dan kualifikasi yang dianggap benar adalah yang cocok dengan tugas yang harus dihadapi. Dengan uraian di atas maka definisi Qualified Engineer adalah seorang Sarjana Rekayasa yang cakap untuk suatu tugas berdasarkan pendidikan formal, pelatihan dan pengalaman.

Kemudian selain mutu yang ditinjau di atas, perlu juga ditinjau kuantitasnya sehubungan dengan pertumbuhan ekonomi yang telah ditetapkan untuk masa yang akan datang, yaitu antara 6% - 7% pertahun. Adalah sulit untuk menentukan jumlah kebutuhan rekayasa sipil dalam suatu sistem ekonomi, berhubung adanya relasi yang kompleks antara pertumbuhan GDP, investasi dalam ekonomi, pertumbuhan serta struktur umur penduduk dll. Namun dengan proyeksi investasi sebagaimana yang diuraikan di atas maka proyeksi kebutuhan "Qualified Engineers" diperkirakan akan mencapai jumlah kira-kira 36.000 orang pada tahun 2010 yang akan datang.

Tabel 4.1. Kebutuhan Sarjana Sipil

	Tahun	1990	2000	2010
Pelaksana Proyek Baru	Energi	110	310	750
	Transport	2.910	7.580	18.10
	Irigasi	4.200	4.950	5.740
	Air Bersih	1.670	3.890	8390
	Sub Total	8.890	16.730	32.980
Operasi dan Pemeliharaan	Jalan Raya	1.070	1.500	1.900
	Irigasi	900	1.000	1.100

	Total	10.860	19.230	35.980
--	-------	--------	--------	--------

**Tabel 4.2
Pertambahan Jumlah Sarjana Sipil dalam
kurun waktu 10 tahun *)**

Periode	Tahun	Rata-rata per tahun
1990 - 2000	8.370	837
2000 - 2010	16.750	1.675

*) untuk memenuhi kebutuhan, maka angka dalam tabel ini harus ditingkatkan sesuai dengan retirement rate

Tabel 4.1 memberikan perkiraan kebutuhan Sarjana Rekayasa Sipil yang "qualified", diurai menurut unsur-unsur infrastruktur dan jumlahnya secara menyeluruh. Tabel tersebut menunjukkan pula subtotal yang dibutuhkan, diurai menurut pembangunan baru, serta operasi dan pemeliharaan. Tabel 4.2 menampilkan kebutuhan total perkurun waktu 10 tahunan dan rata-rata pertahun. Tampak pula dari tabel tersebut bahwa sasmapai tahun 2000 nanti dibutuhkan 837 orang per tahun sarjana Rekayasa Sipil yang berkualifikasi (qualified) dan sesudah tahun 2000 nanti sampai tahun 2010 kebutuhan rata-rata tersebut menyatakan nilai-nilai minimum absolut. Untuk memenuhi kebutuhan sistem ekonomi Indonesia, maka keluaran Sarjana Rekayasa Sipil sitem pendidikan Indonesia harus lebih di atas nilai-nilai minimum tersebut. Menilik angka jumlah kebutuhan pada tabel-tabel tersebut tampaknya, dengan bekerja keras, akan dapat terpenuhi yaitu oleh sistem pendidikan Indonesia, Namun untuk menghasilkan "Qualified Engineers" melalui peningkatan mutu pendidikan, dalam kurun waktu 10 tahun, dirasa akan terlalu berat, berhubung hal tersebut menyangkut peningkatan mutu perangkat keras dan lunak sistem pendidikan Indonesia.

5. Pendidikan Sarjana Rekayasa Sipil di Indonesia

5.1 Kondisi Pendidikan saat ini

Jumlah Sarjana Rekayasa Sipil hasil produksi sekolah tinggi negeri diketahui dengan agak pasti sekitar 1.400 per tahun. Angka hasil produksi sekolah-sekolah swasta masih kurang jelas [12]. Dari 120 sekolah tinggi Rekayasa Sipil swasta dengan produksi rata-

rata sekitar 50 orang, diperkirakan mencapai antara 5000 - 6000 orang pertahun. Jadi, bersama dengan sekolah tinggi negeri jumlah tersebut mencapai antara 6000 - 7000 orang pertahun. Dari jumlah tersebut, mereka yang memasuki profesi Rekayasa Sipil diperkirakan sekitar 4.000 orang pertahun. Jumlah Sarjana Sipil yang sebenarnya diperlukan ekonomi Indonesia masih perlu dianalisis. Institution of Civil Engineer [12] berpendapat bahwa output produksi Sarjana Sipil di Indonesia masih dapat ditingkatkan lagi. Pemerintah merencanakan untuk meningkatkan jumlah orang yang terlibat dalam pendidikan tinggi menjadi 2,3 juta orang dari 1,6 juta orang pada saat ini. Dengan demikian diharapkan bahwa jumlah Sarjana Sipil yang sebenarnya dibutuhkan akan dapat terpenuhi.

Masalah yang saat ini segera dirasakan adalah meningkatkan mutu pendidikan sampai pada arah yang seharusnya, sesuai dengan stratanya. Beberapa masalah yang segera tampak dalam hasil pendidikan di Indonesia pada saat ini adalah :

1. Adanya perbedaan standard yang besar antar perguruan tinggi, Negeri dan Swasta bersama-sama.
2. Penekanan secara berlebihan (over emphasis) pada teori, dengan kekurangan secara signifikan pada aplikasi dan pengalaman praktis.
3. Kekurangan laboratorium dan peralatan research.
4. Kekurangan dalam penguasaan dengan baik bahasa asing, misalnya bahasa Inggris, untuk dapat sepenuhnya mengambil keuntungan dari banyaknya text book dalam bahasa tersebut

Tentunya untuk memperbaiki kekurangan tersebut, kecuali investasi dalam perangkat keras seperti gedung-gedung dan laboratorium beserta pirantinya juga meningkatkan kualifikasi staf pengajarnya. Hal yang terakhir ini lebih sulit dari pada yang pertama.

Beberapa hal dianggap menghalangi usaha peningkatan mutu staf pengajar adalah :

1. Cara rekrutmen staf yang kurang baik. Kebanyakan perguruan tinggi sekedar menerima mahasiswanya sendiri sebagai staf pengajarnya, tanpa mempertimbangkan kemungkinan mendapatkan tenaga pengajar dengan kualifikasi yang lebih baik dari perguruan lain.
2. Staf pengajar dari kebanyakan perguruan tinggi belum mendapat pendidikan Strata 2 dan Strata 3. Kesempatan untuk mengikuti pendidikan tersebut sangat terbatas serta kualifikasi pesertanyapun dibawah standard. Biaya pendidikan tinggi.
3. Sulit bagi staf pengajar untuk memelihara ilmunya dengan mengikuti short course atau work shop dari "State of the Art" dari keahliannya. Juga sulit untuk mendapatkan akses kepada International Profesional Journals dan Conference Proceedings.
4. Kurangnya dana dan fasilitas riset di Indonesia.
5. Kenyataan bahwa dosen dibenarkan mempunyai lebih dari satu pekerjaan (job), Hal ini bisa disebabkan beberapa hal, yaitu seperti misalnya : expertise yang bersangkutan dibutuhkan pemerintah atau pihak lain, yang bersangkutan memerlukan penghasilan tambahan, atau pekerjaan mengajar memang merupakan pekerjaan kedua.

Dialami bahwa usaha perbaikan kekurangan di atas tidak mudah, karena menyangkut perombakan sama sekali sistem dan tradisi yang sudah mapan. Meskipun bukan suatu hal yang mustahil, upaya tersebut akan minta biaya yang tidak sedikit.

5.2 Dilema Pendidikan

Tujuan dari pendidikan, di samping yang telah ditentukan dalam perangkat perundang-

undangan [13, 14], secara pragmatis adalah memenuhi kebutuhan sistem ekonomi Indonesia. Dalam hal ini khususnya adalah menghasilkan Sarjana Rekayasa Sipil dengan mutu yang cukup untuk mendukung pertumbuhan ekonomi yang diinginkan. Namun perlu disadari bahwa pendidikan formal pada perguruan tinggi bukanlah pendidikan yang terakhir untuk mendapatkan Sarjana Sipil yang "Qualified". Di depan telah disinggung bahwa untuk menjadi Sarjana Sipil yang *Qualified*, yang bersangkutan perlu memupuk pengalaman melalui berbagai jenjang pekerjaan. Malah ada yang mempersyaratkan untuk magang terlebih dahulu. Lebih dari itu, dalam sistem ekonomi yang sudah mantap, dalam perjalanannya mencapai kualifikasi yang meningkat, Sarjana Sipil tersebut harus kembali setiap tahunnya selama 1 - 2 minggu mengikuti "Short Course" yang memberikan perkembangan yang terakhir dalam bidangnya ataupun mengetahui "State of the Art" dari keahliannya. Jadi seorang yang baru lulus pendidikan tinggi Strata 1, bukanlah seorang Sarjana Sipil yang telah siap pakai, tetapi seorang yang siap untuk berkembang lebih lanjut, sesuai dengan aspirasinya dan kebutuhan sistem ekonomi yang ada.

Di masyarakat pada saat ini masih hidup suatu *misconception* bahwa lulusan Strata 1 adalah Sarjana Sipil yang sudah Qualified, sehingga baru-baru ini timbul isu tidak siap pakainya Sarjana Lulusan pendidikan tinggi Strata 1. Malah persepsi yang demikian terjadi dikalangan perguruan tinggi sendiri. Hal ini terrefleksi pada kurikulum yang ditawarkan oleh perguruan tinggi itu sendiri. Misalnya tampak pada kurikulum tersebut adanya sejumlah besar mata kuliah yang harus diambil, masing-masing dengan SKS yang kecil, dalam usaha menjadikan lulusannya cukup siap pakai. Kebijakan ini dilaksanakan karena pendapat yang menyatakan bahwa setelah lulus Sarjana, maka yang bersangkutan akan ditempatkan secara mandiri disuatu tempat di daerah, sehingga dianggap perlu untuk mengetahui banyak serba sedikit. Tentunya kondisi muatan ilmiah seperti ini

tidak mendukung pengertian "Qualified" seperti yang diuraikan pada pasal 4 di atas. Sebaliknya, bila kurikulum dirancang untuk memberikan lebih sedikit mata kuliah, namun masing-masing dengan bobot SKS yang lebih besar, maka hasilnya adalah Sarjana Rekayasa Sipil yang tahu banyak (mendalam) dari sedikit. Sarjana Rekayasa Sipil yang demikianpun tidak menyelesaikan kebutuhan yang ada di daerah. Dan inilah dilema pendidikan Sarjana Rekayasa Sipil, mungkin juga Sarjana Rekayasa yang lainnya, di Indonesia. Bagaimana menyelesaikan masalah ini adalah suatu hal yang pelik, yang masih memerlukan pemikiran yang mendalam.

6. Penutup

Dengan makin meningkatnya perkembangan ekonomi dalam kurun waktu 25 tahun yang akan datang ini, maka akan meningkat pula kegiatan pembangunan fisik Rekayasa Sipil di Indonesia. Investasi, terutama dalam bidang infrastruktur, masih akan datang dari luar negeri, bersama teknologi dan rekayasa "State of the Art". Penggunaan teknologi bahan-bahan baru seperti beton mutu tinggi tanpa atau dengan berbagai aditif kimia dan alami (water reducers, fibers dll) artificial aggregates, micro silica, abu terbang dll, diperkirakan akan mempengaruhi cara perencanaan dan pelaksanaan pembangunan fisik Rekayasa Sipil yang akan datang. Aplikasi komputer pribadi dengan teknologi Massively Parallel Programming akan makin intensif dalam semua jenjang Rekayasa Sipil, dari perencanaan, perancangan, pelaksanaan, kontrol aktif, maintenance dll.

Selama PJPT I, dalam kurun waktu 25 tahun, Pemerintah Indonesia telah menjadi pengguna jasa konsultan asing terbesar nomor satu di dunia. Hal ini terjadi, di samping datangnya dana dari luar negeri, juga karena kualifikasi Rekayasawan Sipil dalam negeri belum bisa diandalkan atau belum biasa bersaing dengan rekayasawan sipil luar negeri. Selama itu, jasa konsultasi asing terutama telah dipergunakan dalam studi kelayakan, perancangan dan pembangunan proyek-proyek besar.

Rencana pemerintah untuk menyediakan kemampuan perencanaan di daerah tingkat II akan menuntut adanya orang-orang yang dapat melaksanakan pekerjaan yang bersifat koordinasi antara berbagai disiplin. Orang yang demikian, apapun latar belakangnya, harus orang yang berkualifikasi (Qualified) dengan pengertian seperti yang telah diuraikan di depan, yaitu sudah melampaui jenjang pengalaman yang cukup luas. Maka bila seorang Sarjana Rekayasa Sipil bertugas di tempat yang demikian dengan pekerjaan Rekayasa Sipil yang koordinatif, maka juga diperlukan kualifikasi yang sepadan.

Dalam masa 25 tahun yang akan datang ini di dalam rekayasa sipil diperkirakan akan diterapkan teknik dan teknologi tinggi. Rekayasa sipil akan mengalami diterapkannya beton mutu tinggi pada bangunan bahan tersebut akan diterapkan pada jembatan-jembatan bentang sedang dan panjang, badan jalan raya dll, bangunan irigasi, bendungan dll, bangunan pelabuhan dan bangunan kelautan lainnya. Penggunaan bahan-bahan baru dalam Rekayasa Sipil akan menuntut dipergunakannya cara-cara baru pula dalam perencanaan dan perancangan, analisis dan pelaksanaannya.

Sekarang ini sudah tiba saatnya bagi seluruh pendidikan tinggi, terutama pendidikan Sarjana Rekayasa Sipil untuk merancang pendidikannya, di samping dasar-dasar yang secara eksplisit dinyatakan dalam perundang-undangan juga memperhatikan perkembangan kegiatan ekonomi di Indonesia. Jumlah lulusan seyogyanya sepadan dengan kebutuhan pasar dengan mutu yang sesuai, cukup kandungan "right technologies" (bukan wrong technologies) untuk mendukung kegiatan ekonomi yang terjadi. Pendidikan yang menghasilkan Sarjana yang sekedar memenuhi jiwa prestise saja agar ditinggalkan. Bila saat ini industri berlomba-lomba memproduksi barang-barang dengan standar internasional, maka sudah waktunya pendidikan juga melaksanakan hal yang sama. Sarjana Sipil yang dihasilkan merupakan

tanggung jawab moral para pelaku pendidikannya. Penutup ini akan diakhiri dengan pertanyaan "why are we producing civil engineers?" Resapilah betul-betul jawabannya.

Daftar Pustaka

1. Besari, M.S (1990), "Falsafah Dasar Pendidikan Rekayasa Sipil Menyongsong Abad 21", Musyawarah IV Pendidikan Tinggi Teknik Sipil seluruh Indonesia, 13-15 Desember 1990, ITS, Surabaya.
2. ASCE, (1988), Jour. Prof. Issues in Eng., Vol 114 No. 3., Special Issue 1988.
3. Scully (1989), "The Relationship Between Business and Higher Education : A Perspective on the 21st Century", Com. ACM. Vol. 32, No. 9, September 1989, hal. 1056 - 1061.
4. Besari, M.S. (1993), "Beton Mutu Tinggi Menggunakan Abu Terbang, Seminar High Streight Concrete : Material and Desgn", Oktober 1993, Universitas Petra Surabaya.
5. Stix, G. (1993), "Concrete Solutions" Scientific American, April 1993, hal. 72 - 80.
6. Mitchell, R. (1993), "In Supercomputing, Superconfusion", Business Week, March 22, 1993, hal. 46 - 47.
7. Brandt, R. (1993), "Tiny Transistors and Cold Pizza", Business Week, March 29, 1993, hal 56 - 57.
8. Bursky, D. (1993), "Dream Machines Come Closer to Reality", Electronic Design, January 7, 1993, hal 63 - 72.
9. Ontel (1993), "Paragon Supercomputers", Company Brochure, Intell Corp., Beaverton, OR 97006, USA.
10. Thinking Machine Corp., (1991), "The Connection Machine, CM-5 Technical Summary", Thinking Machine Corp, Oct. 1991, Cambridge, Massachusetts, USA.
11. Carey, J., Gross, N., McWilliams, G., (1993), "The Light Fantastic", Business Week, May 10, 1993, hal. 52-58.
12. Institution of Civil Engineers, (1993), Development of the Civil Engineering Profession in Indonesia", Report ICE, March 1993, London, UK.
13. Undang-undang Republik Indonesia No.2 tahun 1989 Tentang Pendidikan Nasional, Sekretariat Kabinet Republik Indonesia.
14. Peraturan Pemerintah R.I, Nomor 30 tahun 1990 Tentang Pendidikan Tinggi, Direktorat

Jendral Pendidikan Tinggi Departemen
Pendidikan dan Kebudayaan.